

Integrasi Pemodelan *Cellular Automata* Dan *Multilayer Perceptron* Untuk Prediksi Lahan Pertanian Sawah Di Sebagian Kabupaten Sleman

Laila Rosalina

laila.rosalina@mail.ugm.ac.id

Bowo Susilo

bowosusilo@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengintegrasikan model *Cellular Automata* dan *Multilayer Perceptron* yang bertujuan untuk (1) memetakan perubahan lahan sawah periode 2002-2009 dan 2009-2017, (2) menganalisis faktor determinan yang mempengaruhi perubahan lahan sawah pada dua periode waktu, (3) memprediksikan distribusi spasial lahan sawah tahun 2017 dan 2025. Data yang digunakan yakni Citra Landsat tahun 2002, 2009, dan 2017. Variabel independen yang digunakan dianalisis dengan regresi linier berganda untuk setiap periode. Simulasi pemodelan ditampilkan dengan skenario ketetanggaan Von Neumann dan Moore. Hasil menunjukkan perubahan pada periode 2002-2009 banyak terjadi di utara Kota Yogyakarta dengan luas 954,27 Ha lahan sawah. Perubahan lahan sawah periode 2009-2017 terjadi di utara Kota Yogyakarta dengan luas sebesar 172,17 Ha lahan sawah. Akurasi pemodelan CA-MLP sebesar 83,38%, dengan indeks kappa 0,6637 (*substantial agreement*) dan *hits* sebesar 4,28%.

Kata Kunci : Lahan sawah, *Cellular Automata*, *Multilayer Perceptron*, Faktor determinan, Regresi Linier Berganda, *Markov Chain*

Abstract

This research integrating cellular automata and multilayer perceptron model that aimed for (1) mapping the paddy fields changes in 2002-2009 and 2009-2017, (2) analyzing the determinant factors which affecting paddy fields changes in two periods of time, (3) predicting the spatial distribution of paddy fields in 2017 and 2025. The data used in this reseach are Landsat imagery on 2002, 2009 and 2017. Independence variable that used are evaluated by multiple linear regression. The simulations displayed using Von Neumann and Moore neighborhood scenarios. The results shows the most frequent change within 2002-2009 occured on the north of Yogyakarta City with 954,27 Ha of paddy fields. The paddy fields changes within 2009-2017 occured on the north of Yogyakarta City with 172,17 Ha of paddy fields. The accuracy of CA-MLP model is 83,38% , with kappa index 0,6637 (substantials agreement), and 4,28% of hits.

Keyword : Paddy fields, Cellular automata, Multilayer Perceptron, Determinant factors, Multiple Linear Regression, Markov Chain

PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta memiliki wilayah administratif yang relatif kecil akan tetapi jumlah penduduk dari tahun ke tahun terus mengalami penambahan, sehingga akan menimbulkan ekspansi lahan. Ekspansi lahan merupakan perubahan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun (Suharyadi, 2010). Proses ekspansi yang berlebih akan berimbas pada hilangnya lahan-lahan yang memiliki fungsi ekologis dan bentang budaya seperti lahan sawah.

Lahan sawah merupakan lahan produktif yang keberadaannya terkait erat dengan kemampuan ketahanan pangan daerah. Keberadaan sawah sekaligus menjadi bentang budaya Indonesia sebagai negara agraris. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang bersifat dinamis dan mampu memprediksikan kejadian perubahan lahan sawah untuk melakukan fungsi pemantauan/*monitoring*.

Perubahan penggunaan lahan memiliki faktor pemicu yang berperan untuk mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan. Pencarian faktor pendorong perubahan penggunaan lahan dapat dilakukan dengan deduksi terhadap penelitian sebelumnya (Susilo, 2016). Akan tetapi, mengingat bahwa karakteristik satu daerah dengan daerah lain memiliki perbedaan maka sangat mungkin apabila faktor yang memicu perubahan akan berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Oleh sebab itu diperlukan kajian statistik untuk menguji signifikansi faktor determinan.

Kajian mengenai perubahan penggunaan lahan memerlukan informasi penggunaan lahan dari waktu ke waktu. Perubahan penggunaan lahan dapat dianalisa dengan model. Model merupakan representasi sederhana dari fenomena yang kompleks di permukaan bumi (Thomas and Hugget, 1980).

Saat ini berbagai penelitian terus mengembangkan kombinasi pemodelan untuk mengkaji perubahan penggunaan lahan. Wijaya dan Susilo (2013) mengkombinasikan model *Cellular Automata* (CA) dengan regresi logistik biner, dan Prasedyo (2016) menggunakan berbagai variasi matriks probabilitas transisi.

CA merupakan model dinamis tersusun atas sel-sel dengan satuan diskret, sel-sel tersebut akan saling berinteraksi (Wang *et al.*, 2012). CA menggunakan prinsip ketetanggaan untuk melakukan interaksi antar sel. Kelemahan CA yakni lebih menunjukkan proses pertumbuhan dan prediksi, tanpa menjabarkan hubungan antara variabel independen dan dependen (Wardani, 2015). Oleh sebab itu, model CA sering dikombinasikan dengan model lain untuk meningkatkan akurasinya.

Perkembangan teknologi menyebabkan munculnya metode komputasi baru yang cara kerjanya dimodifikasikan sesuai dengan prinsip kerja otak manusia. Kecerdasan buatan dalam hal ini dikenal sebagai *Artificial Neural Network* (ANN). Salah satu bagian dari ANN yang paling banyak digunakan yakni *Multilayer Perceptron* (MLP) yang merupakan salah satu metode *supervised learning* dimana akan mampu mengenali pola input yang diberikan. MLP dapat digunakan untuk analisis diskriminan non linier untuk klasifikasi dan analisis regresi non linier (Chang, 2012). Berdasarkan uraian yang dikemukakan di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

- (1) Memetakan perubahan lahan sawah periode 2002-2009 dan 2009-2017
- (2) Menganalisis faktor determinan yang mempengaruhi perubahan lahan sawah pada dua periode waktu.
- (3) Memprediksi distribusi spasial lahan sawah tahun 2017 dan 2025 serta mengetahui akurasi pemodelannya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada delapan kecamatan di Kabupaten Sleman yang memiliki luas lahan pertanian sawah terluas dan memiliki angka produksi padi terbanyak. Bahan yang digunakan yakni Citra Landsat *path* 120 dan *row* 65 dengan tiga waktu perekaman yang berbeda. Landsat 7 ETM+ tanggal perekaman 21 Agustus 2002, Landsat 5 TM tanggal 19 Oktober 2009, dan Landsat 8 OLI tanggal 18 Mei 2017 dan Citra Google Earth yang diakses secara online.

Penelitian dilakukan dengan mengklasifikasikan penutup lahan dari citra Landsat. Penutup lahan kemudian diturunkan menjadi informasi penggunaan lahan dengan mempertimbangkan bentuk lahan. Penggunaan lahan tahun 2002 dan 2009 kemudian ditumpangsusunkan untuk mendapatkan informasi perubahan lahan sawah.

Perubahan tidak lepas dari faktor determinan perubahan. Analisis faktor determinan perubahan menggunakan regresi linier berganda dengan input 11 variabel independen yang diduga memiliki pengaruh terhadap perubahan lahan sawah. Variabel independen tersebut yakni jarak terhadap jalan utama, jarak terhadap jalan lokal, jarak terhadap jalan lain, jarak terhadap lahan terbangun eksisting, kemiringan lereng, jarak terhadap pusat perekonomian, jarak terhadap pelayanan kesehatan, jarak terhadap sarana pendidikan, jarak terhadap pusat industri, jarak terhadap obyek wisata. Kemudian variabel yang signifikan dilibatkan dalam proses regresi dengan MLP dan menghasilkan peta probabilitas transisi. Pembuatan matriks area transisi juga dilakukan dengan *Markov Chain* (MC).

Proses pemodelan CA membutuhkan input ketiga hasil sebelumnya yakni penggunaan lahan tahun 2009, matriks area transisi, dan matriks probabilitas transisi. Proses CA menggunakan dua jenis aturan

ketetanggaan yakni Von Neumann dan Moore untuk mencari akurasi yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di delapan kecamatan yakni Kecamatan Moyudan, Gamping, Minggir, Sayegan, Godean, Sleman, Mlati, dan Ngaglik. Tahap pra-pemrosesan dilakukan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik citra. Koreksi geometri dilakukan setelah koreksi radiometrik citra. Koreksi radiometrik Citra Landsat dilakukan dengan metode *Dark Object Subtraction* (DOS), metode ini memilih nilai minimum berdasarkan objek tergelap pada citra. Koreksi geometri diterapkan sebelum pemotongan citra agar lebih banyak objek

permanen yang ditemukan. Jumlah titik ikat (GCP) yang digunakan sebanyak 11 titik karena daerah penelitian relatif datar.

Perolehan data penutup lahan dilakukan dengan metode klasifikasi *maximum likelihood*. Skema klasifikasi yang diterapkan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Setiady (2016) dengan skema yang ditampilkan pada Tabel 1. Pengambilan ROI dilakukan dengan jumlah minimal 100 piksel per kelas penutup lahan. Peta yang dihasilkan merupakan peta 15 kelas penutup lahan.

Ekstraksi penggunaan lahan dengan metode *landscape ecological approach*. Bentang alam yang digunakan yakni bentuk lahan, daerah penelitian didominasi oleh tiga macam bentuk lahan utama yakni bentuklahan asal proses vulkan, bentuklahan asal proses fluvial dan bentuk lahan asal proses pelarutan. Berikut gambar bentuk lahan, peta penutup lahan, dan peta penggunaan lahan ditampilkan pada Gambar 1 hingga Gambar 3.

Uji akurasi *confusion matrix* diterapkan pada peta penggunaan lahan. Sampel uji akurasi diperoleh dengan metode *stratified random sampling* dengan strata berupa luas kelas penggunaan lahan. Penggunaan lahan terluas akan memiliki lebih banyak sampel.

Akurasi yang dihasilkan yakni sebesar 87,69% dengan indeks kappa sebesar 0,75 untuk penggunaan lahan tahun 2002, 90% dan indeks kappa sebesar 0,80 untuk

penggunaan lahan tahun 2009, dan 91,67% dan indeks kappa sebesar 0,83 untuk penggunaan lahan tahun 2017.

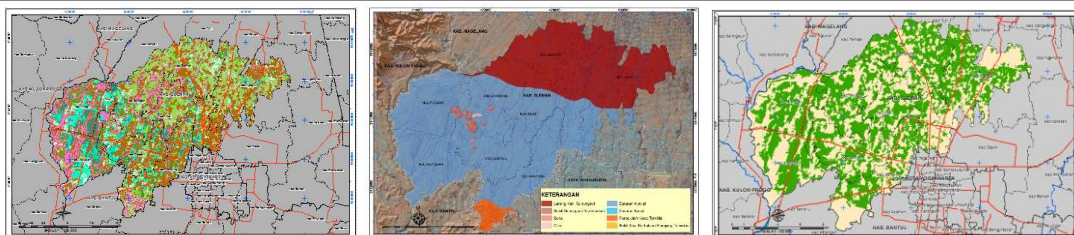
Tabel 1. Skema Klasifikasi Penutup Lahan

Penggunaan Lahan	Penutup Lahan	Kelas Spektral	Keterangan
Sawah	Padi	Padi 1	Padi muda kerapatan rendah
		Padi 2	Padi dewasa kerapatan tinggi
		Padi 3	Padi siap panen
		Padi 4	Padi kering pada tanah kering
		Padi 5	Padi jarang pada tanah basah
	Tanah lembab	Tanah Lembab	Lahan sawah tahap pengolahan
	Tanah kering	Tanah Kering	Lahan sawah pasca panen
	Air keruh	Air Keruh	Lahan sawah awal penanaman
	Atap genteng	Atap 1	Atap genteng
	Atap non genteng	Atap 2	Atap seng/semen
Non-Sawah	Aspal	Aspal	Aspal
	Tanah terbuka	Tanah terbuka	Tanah kering tanpa padi
		kering	
		Tanah terbuka	Tanah basah tanpa padi
		basah	
	Air keruh	Air keruh	Perairan dangkal
	Vegetasi berkayu	Vegetasi berkayu	Vegetasi non padi

Sumber : Setiady (2016, dengan perubahan)

Tabel 2. Skema Hubungan Klasifikasi Penutup Lahan dengan Bentuk Lahan Tahun 2002

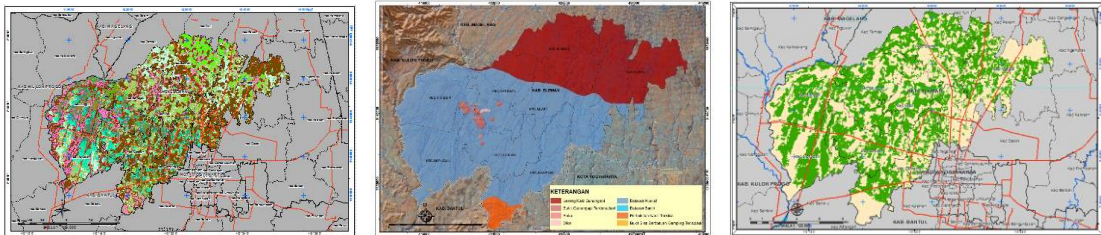
LF/LC	Aspl	Atg	Atng	Ttk	Ttb	Vnp	Ta	Tkcas	Tkgas	Tpm	Tpd	Tpsp	Pktk	Swtg	Tbsp
Bgtd	-	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	-
Lkga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dke	-	Nsw	-	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw
Bka	-	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	-	-	-	-	-	Nsw	-	-
Daga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dbjr	-	-	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	-	-
Pktl	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Bsbg	-	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	-	-	-	Nsw	-	-



Gambar 1. Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2002 (Kanan), Bentuk Lahan (Tengah), Dan Penutup Lahan 2009 (Kiri)

Tabel 3. Skema Hubungan Klasifikasi Penutup Lahan dengan Bentuk Lahan Tahun 2009

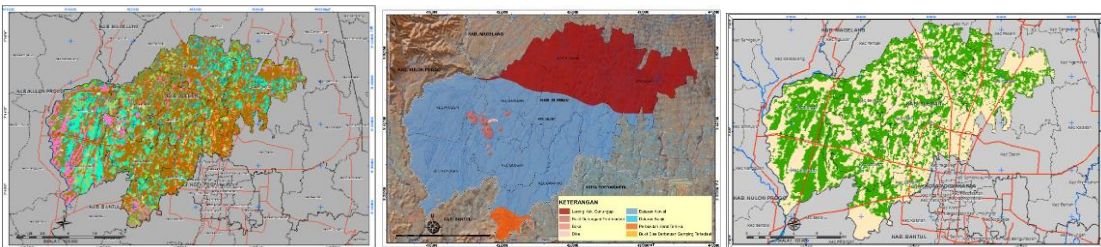
LF/LC	Aspl	Atg	Atng	Ttk	Ttb	Vnp	Ta	Tkcas	Tkgas	Tpm	Tpd	Tpsp	Pktk	Swtg	Tbsp
Bgtd	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Lkga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dke	-	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	-	-	Nsw	-	Nsw	-	-	-	Nsw
Bka	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	-	Nsw	-	-	-	-	-	-
Daga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dbjr	-	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Pktl	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Bsbg	-	Nsw	-	-	-	Nsw	-	Nsw	-	-	-	-	Nsw	-	-



Gambar 2. Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2009 (Kanan), Bentuk Lahan (Tengah), Dan Penutup Lahan 2009 (Kiri)

Tabel 4. Skema Hubungan Klasifikasi Penutup Lahan dengan Bentuk Lahan Tahun 2009

LF/LC	Aspl	Atg	Atng	Ttk	Ttb	Vnp	Ta	Tkcas	Tkgas	Tpm	Tpd	Tpsp	Pktk	Swtg	Tbsp
Bgtd	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw
Lkga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Sw	Sw	Sw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dke	-	Nsw	-	-	-	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	-	Nsw
Bka	-	Nsw	-	-	-	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	-	-	Nsw	-	Nsw
Daga	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw	Sw
Dbjr	-	-	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Pktl	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	-	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw	Nsw
Bsbg	-	Nsw	-	-	-	Nsw	-	-	Nsw	-	-	Nsw	Nsw	-	Nsw



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Penggunaan Lahan Tahun 2017 (Kanan), Bentuk Lahan (Tengah), Dan Penutup Lahan 2017 (Kiri)

Keterangan :

Bentuk Lahan (Land Form) :

Bgtd	Bukit gunungapi terdenudasi
Lkga	Lereng kaki gunungapi
Dke	Dike
Bka	Boka
Daga	Dataran aluvial gunungapi
Dbjr	Dataran banjir
Pktl	Perbukitan karst terkikis lemah
Bsbg	Bukit sisa berbatuan gamping

Penutup Lahan (Land Cover) :

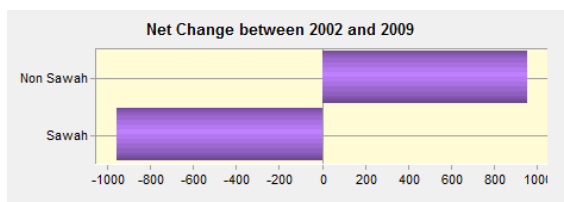
Aspl	Aspal
Atg	Atap genteng
Atng	Atap non genteng

Ttk	Tanah terbuka kering
Ttb	Tanah terbuka basah
Vnp	Vegetasi non padi
Ta	Tubuh air
Tkcas	Tanah kering cerah di area sawah
Tkgas	Tanah kering gelap di area sawah
Tpm	Tipikal padi muda
Tpd	Tipikal padi dewasa
Tpsp	Tipikal padi siap panen
Pktk	Padi kering pada tanah kering
Swtg	Sawah tergenang
Tbsp	Tanah basah dengan sedikit padi

Penggunaan Lahan (Land Use)

Sw	Sawah
Nsw	Non Sawah

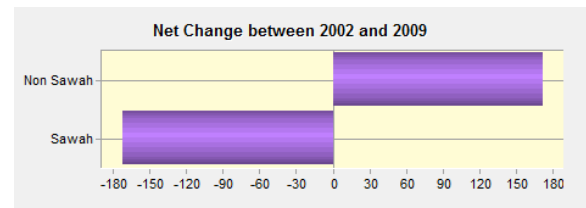
Hasil klasifikasi tersebut kemudian ditumpangsusunkan untuk memperoleh peta perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah. Metode yang digunakan yakni *cross tabulation*. Berikut hasil *cross tabulation* ditampilkan pada Gambar. Hasil *cross tabulation* menunjukkan bahwa arah ekspansi lahan menuju ke arah utara kota Yogyakarta dengan daerah yang paling besar perubahannya yakni Kecamatan Ngaglik. Total luas perubahan digambarkan dengan nilai *Net Change* pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. *Net Change* Tahun 2002-2009

Gambar menunjukkan bahwa terdapat perubahan dari lahan sawah sebanyak 954 Ha dalam kurun waktu 7 tahun. Angka ini termasuk tinggi, akan tetapi pengurangan lahan sawah di Kabupaten Sleman tidak membuat produksi padi menurun. Analisis luas perubahan juga dilakukan pada tahun 2009-2017. Berikut *Net Change* Periode

2009-2017 ditampilkan pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. *Net Change* Tahun 2009-2017

Perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah dalam kurun waktu 8 tahun yakni seluas 172 Ha. Luasan ini diperoleh dengan cara melakukan overlay terhadap peta penggunaan lahan tahun 2009 dengan peta penggunaan lahan tahun 2017.

Faktor Determinan Perubahan

Faktor determinan perubahan diperoleh berdasar analisis regresi linier berganda dengan 11 variabel independen. Analisis regresi linier berganda dilakukan dengan metode *stepwise*. Analisis regresi linier berganda dilakukan pada dua periode yang berbeda, sehingga nantinya akan dihasilkan variabel yang berbeda antara periode 2002-2009 dan 2009-2017. Analisis regresi dilakukan pada SPSS 23. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Regresi Linier Berganda Periode 2002-2009

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta	t		Lower Bound	Upper Bound
4 (Constant)	282.541	92.356		3.059	.004	95.411	469.672
SUNG	-327.350	56.732	-.640	-5.770	.000	-442.299	-212.401
PDDK0209	-180.007	42.063	-.599	-4.279	.000	-265.234	-94.779
LTE02	374.249	123.004	.398	3.043	.004	125.019	623.480
EKO0209	-129.606	59.479	-.265	-2.179	.036	-250.121	-9.091

Sumber : Pengolahan (2018)

Berdasarkan Tabel 5 di atas dapat disusun persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 282,541 - 327,350 \cdot X_1 - 180,01 \cdot X_2 + 374,249 \cdot X_3 - 129,606 \cdot X_4$$

Keterangan :

Y = Logit Perubahan

X₁ = Jarak terhadap sungai

X₂ = Jarak terhadap lahan terbangun 2002

X₃ = Jarak terhadap pusat industri

X₄ = Jarak terhadap pusat perekonomian

Berdasarkan Tabel 5 diketahui bahwa variabel yang mempengaruhi perubahan lahan sawah pada kurun waktu 2002-2009 yakni jarak terhadap sungai, jarak terhadap sarana pendidikan, jarak terhadap lahan terbangun, dan jarak terhadap pusat ekonomi. Faktor determinan ini kemudian akan digunakan untuk membuat prediksi lahan sawah pada tahun 2017.

Nilai positif dan negatif menunjukkan arah hubungan dari variabel independen dengan variabel dependennya. Nilai negatif menunjukkan hubungan yang berbanding

terbalik, sedangkan nilai positif menunjukkan hubungan yang berbanding lurus. Nilai R^2 yang dihasilkan dari proses regresi linier berganda tahun 2002-2009 yakni sebesar 61,40% sehingga terdapat 38,60% kejadian perubahan luas lahan sawah yang dapat digambarkan oleh variabel lain di luar model.

Uji regresi linier berganda juga diterapkan pada periode 2009-2017 untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi perubahan lahan sawah pada periode 2009-2017. Berikut hasil uji regresi ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Regresi Linier Berganda Periode 2009-2017 learning rate

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Lower Bound Upper Bound
1	(Constant)	237.761	34.521		6.887	.000	167.992 307.529
	PDDK0917	-211.195	40.074	-.640	-5.270	.000	-292.187 -130.203

Sumber : Pengolahan (2018)

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa variabel yang mempengaruhi perubahan lahan sawah pada kurun waktu 2002-2009 yakni jarak terhadap pusat pendidikan. Faktor determinan ini kemudian akan digunakan untuk membuat prediksi lahan sawah pada tahun 2025. Berdasarkan tabel dapat dituliskan persamaan regresinya, yakni sebagai berikut.

$$Y = 237,761 - 211,195 \cdot X_1$$

Keterangan :

Y = Logit Perubahan

X_1 = Jarak terhadap sarana pendidikan

Nilai positif dan negatif dalam koefisien regresi menunjukkan arah hubungan dari variabel independen dengan variabel dependennya. Nilai negatif menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik, sedangkan nilai positif menunjukkan

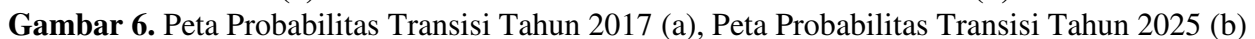
hubungan yang berbanding lurus. Analisis regresi linier berganda menghasilkan nilai R^2 sebesar 41% artinya terdapat sekitar 59% faktor lain di luar variabel independen yang diinputkan yang mempengaruhi luas perubahan lahan sawah di tahun 2009-2017.

Peta Probabilitas Perubahan Lahan Sawah

Peta probabilitas transisi menunjukkan lokasi-lokasi mana saja yang berpotensi mengalami perubahan dari lahan sawah menjadi lahan non sawah. Penelitian ini menggunakan metode MLP untuk menentukan lokasi yang berpotensi mengalami perubahan lahan sawah. Input yang digunakan untuk dua periode berbeda. Hal ini karena variabel independen diambil dari hasil analisis statistik.

Periode perubahan 2002-2009 akan menggunakan input variabel independen sebanyak empat buah yakni jarak terhadap sungai, jarak terhadap sarana pendidikan,

Periode perubahan 2009-2017 menggunakan input variabel independen sebanyak satu buah yakni jarak terhadap



MAT berisi luasan lahan yang dialokasikan akan berubah pada periode waktu tertentu. Alokasi luas perubahan diperoleh berdasarkan proses MC. MC akan memprediksikan perubahan pada tahun berikutnya sama dengan perubahan yang terjadi saat ini tanpa memperhitungkan perubahan di tahun sebelumnya. Oleh karena itu MC biasanya digunakan untuk data temporal yang memiliki rentang waktu sama.

Cells in :	Expected to transition to :	
	Cl. 1	Cl. 2
Class 1 :	101259	24497
Class 2 :	0	135289

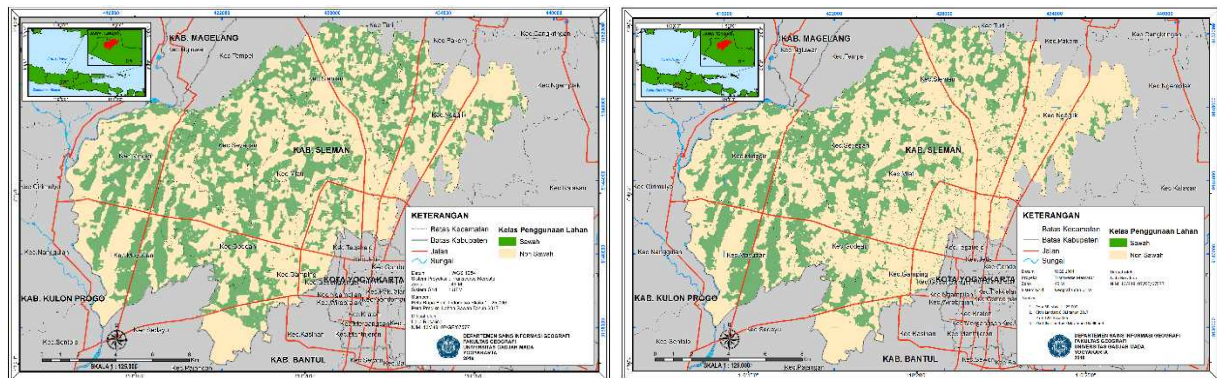
Model *Cellular Automata*

Proses selanjutnya yakni normalisasi peta hasil filtering sehingga ia akan

memiliki rentang nilai 0 hingga 1. Peta yang telah dinormalisasi tersebut kemudian dikalikan dengan peta probabilitas perubahan lahan sawah (sub model transisi) dan akan menghasilkan peta probabilitas transisi. Pikel yang teridentifikasi akan mengalami perubahan merupakan pikel dengan probabilitas tertinggi.

Proses penentuan jumlah pikel yang berubah atau tidak dilakukan dengan

memperhatikan matriks area transisi. Jumlah pikel yang diperkirakan akan mengalami perubahan dari sawah menjadi lahan non sawah yakni sebanyak 24.497 pikel. Sehingga pikel yang akan berubah memiliki kriteria berjumlah total 24.497 pikel dengan probabilitas perubahan yang tertinggi. Berikut hasil prediksi ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Prediksi Lahan Sawah Tahun 2017 (Kiri), Prediksi Lahan Sawah Tahun 2025 (Kanan)

Uji Akurasi dan Validasi Model

Uji akurasi dilakukan dengan tiga cara yakni dengan uji akurasi berbasis titik (lokasi) dan uji akurasi berbasis geometrik. Uji akurasi berbasis titik dilakukan dengan metode *stratified random sampling* dan *confussion matrix*. Akurasi terbaik dihasilkan dari penggunaan ukuran kernel Von Neumann 5x5 yakni dengan *overall accuracy* sebesar 89,17% dan kappa 0,78.

Uji akurasi berbasis geometri dilakukan dengan *overlay* peta hasil prediksi dan peta referensi, serta dengan metode *crosstab* tiga peta (peta input, peta pemodelan, dan peta referensi). Akurasi terbaik dihasilkan oleh penggunaan kernel Von Neumann 5x5 yakni sebesar 83,38% dan kappa 0,6637 yang termasuk ke dalam kelas *substantial agreement*. Sementara itu, dengan menggunakan metode NMHF diketahui nilai *hits* model sebesar 4,28%, Nilai *hits* menunjukkan kemampuan model dalam memprediksikan kejadian benar.

KESIMPULAN

- 1 Berdasarkan hasil yang diperoleh diketahui bahwa dalam kurun waktu 2002-2009 telah terjadi perubahan lahan sawah menjadi non sawah seluas 954 Ha. Periode 2009-2017 telah terjadi perubahan lahan sawah menjadi non sawah seluas 172 Ha.
- 2 Faktor determinan pada dua periode analisis memiliki hasil yang berbeda. Periode 2002-2009 menunjukkan perubahan lahan sawah cenderung disebabkan oleh jarak terhadap sungai, jarak terhadap sarana pendidikan, jarak terhadap lahan terbangun, dan jarak terhadap pusat ekonomi. Sedangkan pada periode 2009-2017 disebabkan oleh jarak terhadap sarana pendidikan.
- 3 Integrasi pemodelan CA-MLP dengan variasi ketetangaan mampu menghasilkan akurasi terbaik pada penggunaan kernel Von Neumann 5x5. Hasil uji akurasi berbasis sampel menghasilkan *overall accuracy* sebesar 89,17% dan kappa 0,78. Metode

geometri menghasilkan *overall accuracy* sebesar 83,38% dan kappa 0,6637. Sedangkan uji validasi kuantitas perubahan menunjukkan jika model CA-MLP dengan ketetanggaan Von Neumann 5x5 mampu menghasilkan akurasi terbaik dengan hits sebesar 4,28% atau setara dengan 11.038 piksel.

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Kang-Tsung. 2016. *Introduction to Geographic Information Systems Eighth Edition*. New York : McGraw-Hill
- Prasedyo, M.M. 2016. Komparasi Akurasi Model *Cellular Automata* untuk Simulasi Perkembangan Lahan Terbangun dari Berbagai Variasi Matriks Probabilitas Transisi. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM
- Setiady, Dicky. 2016. Prediksi Perubahan Penggunaan lahan sawah Sebagian Kabupaten Klaten dan Sekitarnya Menggunakan *Cellular Automata* dan Data Penginderaan Jauh. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM
- Suharyadi. (2010). Interpretasi Hibrida Citra Satelit Resolusi Spasial Menengah Untuk Kajian Densifikasi Bangunan Daerah Perkotaan Di Daerah Perkotaan Yogyakarta, Ringkasan *Desertasi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Susilo, Bowo. 2016. Pemodelan Spasial Dinamika Penggunaan Lahan di Daerah Perkotaan Yogyakarta. *Disertasi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM
- Takada, T., Miyamoto, A., and Hasegawa, S.F., 2010 Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications, *Landscape Ecology*, 25, 561–572.
- Thomas, R.W., and Huggett, R.J. 1980. *Modelling in Geography : A Mathematical Approach* Totowa, NJ: Barnes and Nobel Books.
- Wang, S.Q, X.Q. Zheng, & X.B.Zhang. 2012. Accuracy Assesments of Land Use Change Simulation Based on Markov-Cellular Automata Model. *Procidia Environmental Sciences 13 (2012) 1238-1245*
- Wardani, D.W. 2015. Kajian Perubahan Penggunaan Lahan Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Menengah Dengan Metode *Multi Layer Perceptron* dan *Markov Chain*. *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM
- Wijaya, M.S. 2013. Integrasi Model Spasial *Cellular Automata* dan Regresi Logistik Biner Untuk Pemodelan Dinamika Perkembangan Lahan Terbangun (Studi Kasus : Kota Salatiga). *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM